臺灣番石榴生產碳足跡盤查

農試所產服中心 江秀娥 林士豪

一、前言

2050年淨零排放已是世界共同努力的目標，面對氣候變遷的威脅，必須加緊腳步落實各項減碳作為。農業部門在生產過程中，施用肥料、噴灑農藥及農機具使用等仍會造成溫室氣體的排放，雖然農業碳排放量僅占國家總體排放量2%左右，但受到衝擊最大，仍必須盡力配合減碳。減碳前要先進行碳足跡盤查，找出排放熱點，再研擬可行的碳排減量方案，才能有效率的達成減量目標。

番石榴為我國重要水果，據農糧署統計，2023年臺灣番石榴種植面積為8,006公頃，分布臺灣各縣市，總產量達18萬公噸。番石榴全年生產，廣受國人喜愛，近年亦不斷拓展外銷市場，為具有潛力的外銷果品。本文以番石榴主要品種珍珠拔為例，進行其生產階段的碳足跡盤查，並找出其碳排放熱點及研擬對應的減碳策略。

二、番石榴盤查邊界設定

若為申請碳標籤進行產品碳足跡盤查，必須依循環境部推動產品碳足跡管理要點之規定，引用適當的碳足跡產品類別規則，進行產品完整生命週期五大階段的碳排放量盤點。番石榴可依據生鮮水果碳足跡產品類別規則V1.0版(2023.03.21核准，有效日期至2028.03.20)進行盤查，包含原料取得、製造、配送銷售、消費者使用及廢棄處理五個階段(圖一)。

然而，本文僅就番石榴的農場生產部分進行盤查，即產品生命週期的原料階段，但不包含包裝資材。詳如圖二紅框部分。

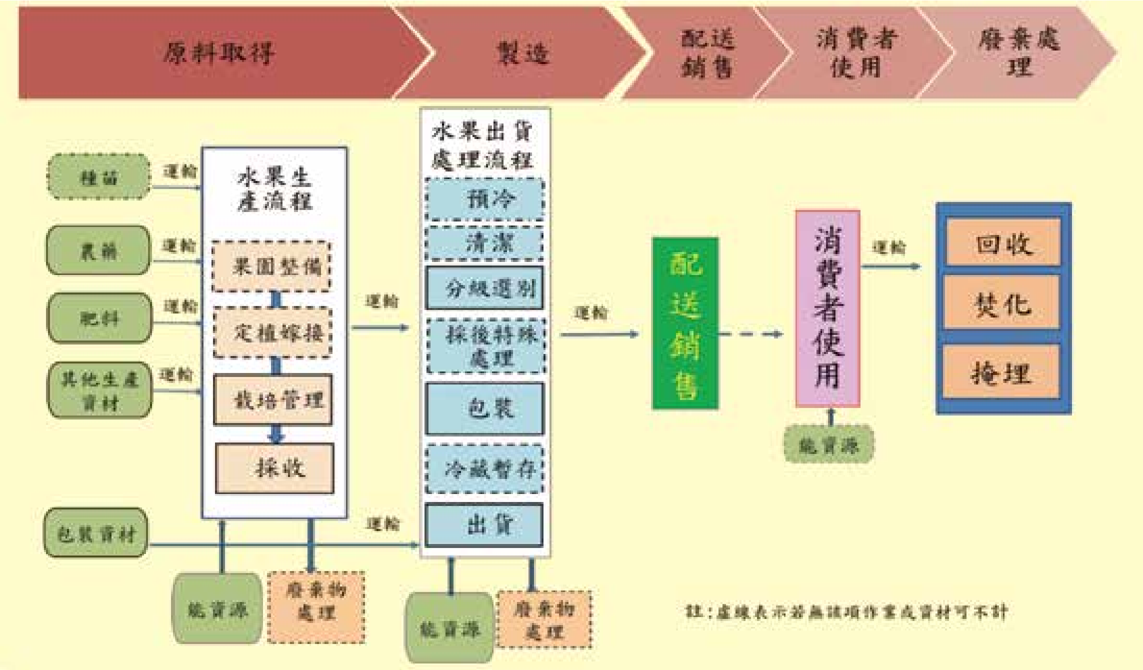
三、番石榴農場生產碳足跡盤查

番石榴的田間生產流程，包括修剪枝、施基肥、病蟲草害防治、灌溉、施追肥、套袋到最後採收，中間過程所需投入的能資源、材料、運送及廢棄物處理，都有可能造成碳排放，因此都必須加以盤查其使用量。為平衡不同生產者的管理操作手法差異，本文分別盤查高雄市燕巢區與彰化縣社頭鄉共3個農戶的生產投入資料，再加以平均計算。

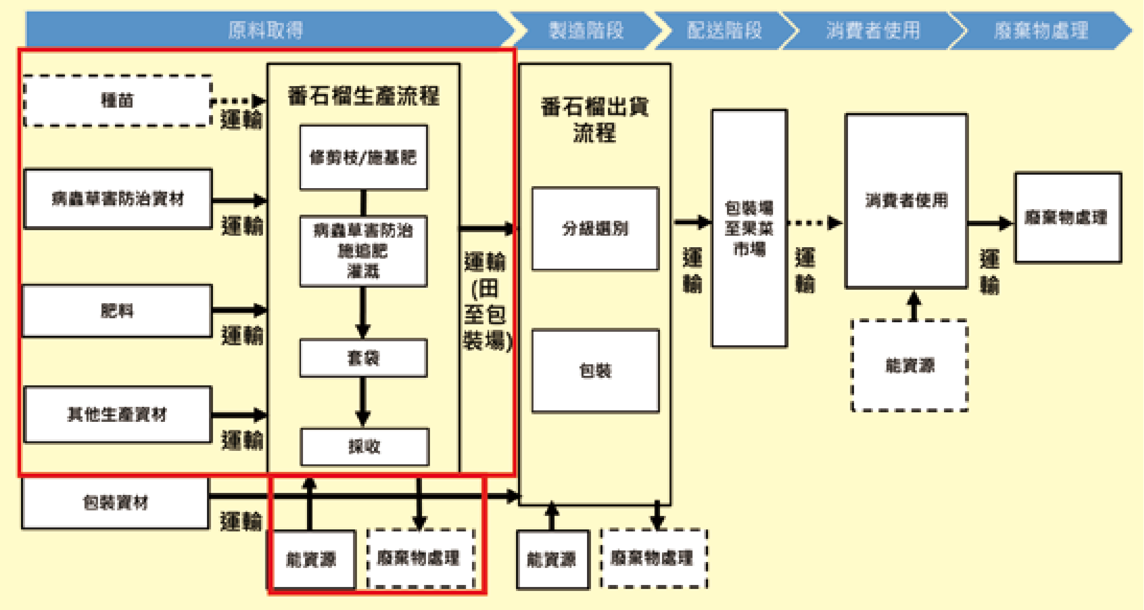
首先就種苗來看，由於番石榴是長期作物，種植後通常可連續管理採收數年，因此大多數農民皆未再投入種苗，故並未計入其種苗的活動數據。其次，

作　　者：江秀娥副研究員
連絡電話：04-23317652

修剪枝部分，則視農民管理模式而定，採隨時小幅度修剪，或產季結束時大規模修剪，其所使用的機具將耗用柴油或電力。肥料是生產番石榴最重要的投入資材，不同生產者會使用不同品牌的肥料，但重點為氮、磷、鉀三種肥料成分，因此依據各種肥料的N、P、K組成比例，盤點出其氮肥、磷肥與鉀肥的用



圖一、生鮮水果生命週期流程圖。資料來源:生鮮水果碳足跡產品類別規則V1.0版。



圖二、番石榴生命週期流程圖與盤查範圍。資料來源:本研究繪製。

量；另外，病蟲草害的防治方面，彙整使用農藥的品項，統整為殺菌劑、殺蟲劑及殺草劑。臺灣番石榴生產必須使用雙層套袋，包括一層舒果網(保麗龍網狀袋)與一層塑膠袋，以防護果實品質。

除了肥料、農藥與套袋等資材，灌溉、防治或施用液態肥料等需使用抽水馬達抽取地下水，則會耗用電力；採收時以小貨車從田間運送至包裝集貨場，則必須計算其里程數，還有各項資材自採購地點運輸至田間之距離也必須加以盤點。

以上所有能源、資源之使用量必須以有價值產品之產量進行分配。假設於1年內氮肥總使用量為300公斤，總產量為40公噸，則每公斤番石榴施用氮肥之活動數據用量為0.0075公斤。

蒐集活動數據後，必須找出各項能源、資材之碳排放係數，二者相乘後，才能獲得該項能源或資材之碳排放量。依據環境部推動產品碳足跡管理要點第十點附件三規定，碳排放係數之引用來源為:本土係數(碳足跡資料庫公用碳排放係數)、取得國內產品碳足跡標籤之產品、經第三方外部查證之產品、國際、國家或區域公告之碳足跡生命週期排放係數、生命週期評估軟體如Simapro資料庫或具公信力文獻。本文所引用之碳排放係數多數來自環境部碳足跡資訊網資料庫，目前共有1千多筆資料可用；其次為應用Simapro查找肥料、農藥之係數。

盤查結果詳如表一。3個農場平均每公斤番石榴農場生產之碳排放量為0.095 kgCO_2e，標準差為0.057 kgCO_2e。其中，

表一、番石榴農場生產碳排放量盤查結果表

活動內容	活動數據			碳排放量		
	能資源名稱	用量	單位	排放量	單位	占比
生產管理資材	氮肥	0.00203	公斤(kg)/公斤	0.00095	kgCO_2e/公斤	1.00%
	磷肥	0.00564	公斤(kg)/公斤	0.00127	kgCO_2e/公斤	1.33%
	鉀肥	0.00562	公斤(kg)/公斤	0.00069	kgCO_2e/公斤	0.73%
	其他成分	0.04573	公斤(kg)/公斤	0.00132	kgCO_2e/公斤	1.39%
	殺菌劑	0.00025	公斤(kg)/公斤	0.00228	kgCO_2e/公斤	2.39%
	殺蟲劑	0.00048	公斤(kg)/公斤	0.00494	kgCO_2e/公斤	5.19%
	除草劑	0.00014	公斤(kg)/公斤	0.00189	kgCO_2e/公斤	1.99%
生產管理能源消耗	柴油	0.00501	公升(kg)/公斤	0.01648	kgCO_2e/公斤	17.33%
	電力	0.04518	度(kWh)/公斤	0.02731	kgCO_2e/公斤	28.71%
套袋	塑膠套袋	0.00643	公斤(kg)/公斤	0.01422	kgCO_2e/公斤	14.95%
	保麗龍套袋	0.00429	公斤(kg)/公斤	0.00991	kgCO_2e/公斤	10.41%
採收	小貨車運輸-柴油	0.00257	延噸公里(tkm)	0.00151	kgCO_2e/公斤	1.58%
原料運輸	小貨車運輸-柴油	0.00019	延噸公里(tkm)	0.00011	kgCO_2e/公斤	0.12%
田間廢棄物處理	垃圾焚化	0.00000	公噸(t)/公斤	0.00020	kgCO_2e/公斤	0.21%
土壤排放	氧化亞氮	0.00005	公斤(kg)/公斤	0.01205	kgCO_2e/公斤	12.66%
合計				0.09512	kgCO_2e/公斤	100.0%

資料來源:本研究整理。

在生產管理過程使用相關能源包括柴油與電力之碳排放比例共占46%，尤其是電力，主要是在生產過程需要使用抽水馬達進行灌溉；其次為使用套袋，合計碳排放占比25%。因此，生產管理之能耗是為番石榴田間生產的碳排放熱點。

四、檢討田間灌溉模式為減碳之首要重點

番石榴係屬淺根作物，不耐長期浸水或乾旱，水分供給不足會造成產量少品質差(謝鴻業，2014)，可見適時給水是番石榴栽培管理重點之一。因此，夏季平均2-4天要灌溉1次，冬季5-7天灌溉1次(陳鴻堂等，2019)。本研究蒐集燕巢與社頭地區農友之番石榴生產活動數據，發現因需使用電力進行抽水灌溉，成為碳排放的熱點。番石榴生產灌溉方式分為淹灌、溝灌及噴灌等，淹灌及溝灌所需水量較多，而噴灌雖然要投資相關設備，但應可節省用水量，進而節省電力耗用，可減少碳排放量；另採用草生栽培有助於穩定果園土壤的含水量(陳鴻堂等，2019)，減少灌溉次數。建議番石榴生產者可參考本次盤查結果，思考提高灌溉效率之模式，如採用草生栽培或評估投資相關灌溉設備之可行性，以達到減碳之目標，同時也可節省電力成本。

五、結論

面對氣候變遷的威脅，每個產業都應該設法減少碳排放，以減緩地球升溫的速度。我國農業的碳排放雖僅占國家溫室氣體排放比例2%左右，但為了達成2040農業淨零排放的目標，仍應設法減碳。而了解碳足跡的內涵，是有效率減碳的基礎。

生產糧食為農業部門首要任務，但在生產過程中，相關操作與能資源、材料等投入，都會造成碳排放。因此，本文著重於番石榴的農場生產部分，進行碳排放量的盤查，以找出碳排放熱點，研擬減碳策略。

盤查結果顯示，每公斤番石榴在農場生產階段的排放量為0.095 $kgCO_2e$，其中，生產管理所使用的能源消耗所產生的碳排放量占46%，為主要碳排放熱點；其次為套袋的使用占25%。造成能源消耗的主要原因是由於番石榴必須適時灌溉，電力多用以抽水馬達進行田間灌溉，建議朝提升灌溉效率方向調整，如採用草生栽培提升土壤含水量或以噴灌模式減少灌溉用水量，取代整園淹灌或溝灌，可節省水資源及電力消耗，均為可行的減碳方式。惟需投資相關灌溉設備，可視現地狀況加以評估。

六、參考資料

陳鴻堂、潘佳辰、蘇博信。2019。番石榴土讓管理與施肥技術。農業試驗所特刊第221號:作物土壤管理與施肥技術-果樹與茶作篇P293-325。

謝鴻業。2014。番石榴健康管理策略。農業生技產業季刊No.37:50-55。

謝鴻業。2021。以外銷為導向之番石榴栽培管理要點。農業試驗所特刊233:番石榴外銷美國技術手冊P5-20。

編啟：本文第一作者已於114年4月自願退休。